

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL
MELALUI PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

Sima Nalendra Kusuma Jati

D 500 110 036

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL MELALUI
PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

SIMA NALENDRA KUSUMA JATI
D 500 110 036

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen pembimbing



Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

NIK. 991

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL MELALUI PROSES HIDROLISIS KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN

Oleh :

SIMA NALENDRA KUSUMA JATI
D 500 110 036

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 28 Maret 2017
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Ir. Nur Hidayati, M. T., Ph.D.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Eni Budiyati, S.T., M.Eng.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)



Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, April 2017

Penulis



Sima Nalendra Kusuma Jati
D500110036

**PRARANCANGAN PABRIK AKRILAMIDA DARI AKRILONITRIL
MELALUI PROSES HIDROLISIS
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

ABSTRAK

Akrilamida merupakan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan polimer, banyak digunakan juga sebagai bahan untuk menjernihkan air. Pabrik akrilamida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun beroperasi selama 24 jam per hari selama 330 hari per tahun. Proses pembuatannya menggunakan proses hidrolisis fase cair dengan komposisi 13% berat akrilonitril. Reaksi bersifat eksotermis, *irreversible* yang dijalankan dalam sebuah reaktor *Fixed Bed* fase cair – cair. Kondisi operasi dijaga *isothermal* (70°C) tekanan 1 atm. Karena berlangsung pada kondisi atmosferis, pabrik ini tergolong dalam kategori pabrik beresiko rendah.

Pabrik Akrilamida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun membutuhkan bahan baku sebanyak 728,8519 kg/jam akrilonitril, 1.655,9751 kg/jam air, dan katalis *raney copper*. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 60.419,8041 kg/jam yang diperoleh dari air waduk krenceng cilegon, penyediaan *saturated steam* sebesar 266,4112 kg/jam diperoleh dari boiler dengan bahan bakar *fuel oil* sebesar 9,0928 liter/jam, kebutuhan udara tekan sebesar 50 m³ per jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan generator sebesar 500 kW sebagai cadangan dengan bahan bakar sebanyak 65,8553 liter/jam. Pabrik akrilamida berkapasitas 15.000 ton/tahun ini akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan jumlah karyawan 101 orang dan luas tanah 18,500 m².

Kata kunci : akrilamida, hidrolisis, fixed bed.

ABSTRACT

Acrylamide is a raw material used in the manufacture of polymers, widely used as a material to purify water. Acrylamide plants with a capacity of 15,000 tons / year operate for 24 hours per day for 330 days per year. The preparation process uses a liquid phase hydrolysis process with a composition of 13% by weight of acrylonitrile. The reaction is exothermic, irreversible in a liquid-liquid Fluid Bed reactor. The operating condition isothermal (70oC) maintained at 1 atm pressure. Because it takes place under atmospheric conditions, these plants fall into the category of low-risk factories.

Acrylamide plant with a capacity of 15,000 tons / year requires raw materials of 728,8519 kg / hour acrylonitrile, 1,655.9751 kg / hour water, and raney copper catalyst. The process support utility includes water supply of 60,419,8041 kg / hr obtained from the water of krenceng cilegon reservoir, saturated steam supply of 266,4112 kg / hr obtained from boiler with fuel oil fuel of 9.0928 liter / hour, At 50

m³ per hour, electricity demand is obtained from PLN and generator of 500 kW as reserve with fuel as much as 65,8553 liter / hour. The 15,000 tonne / year acrylamide plant will be established in Cilegon industrial area of Banten with 101 employees and 18,500 m² of land area.

Keywords: acrylamide, hydrolysis, fixed bed.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Berdirinya Pabrik

Sebagai negara berkembang, pembangunan industri di Indonesia terus mengalami peningkatan terutama pembangunan industri kimia. Namun Indonesia belum sepenuhnya dapat menghasilkan produk kimia sendiri dalam memenuhi kebutuhan sektor industri kimia. Salah satu contoh adalah akrilamida yang berfungsi penting sebagai bahan baku maupun bahan penunjang proses industri. Ketergantungan impor yang lebih besar dari ekspor menyebabkan devisa negara berkurang, sehingga perlu usaha penanggulangan. Misalnya dengan pendirian pabrik akrilamida untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, namun juga berorientasi ekspor.

Akrilamida atau amida akrilat merupakan senyawa organik dengan rumus kimia C_3H_5ON dengan nama IUPAC 2-propenamida. Senyawa ini merupakan salah satu bahan dasar industri seperti *polyacrylamide* yang berfungsi sebagai flokulan dalam proses pemisahan padatan halus tersuspensi. Selain sebagai flokulan, *polyacrylamide* juga dapat berfungsi sebagai *thickening agent dalam air*.

1.2 Kapasitas Perancangan

Dalam menentukan kapasitas perancangan pabrik akrilamida harus memperhatikan kebutuhan pasar impor maupun ekspor akan produk, ketersediaan bahan baku dan kapasitas perancangan minimum. Kapasitas pabrik ditentukan berdasar kebutuhan impor dalam negeri. Hal ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Kebutuhan Impor Akrilamida Tahun 2003-2013

No	Tahun	Impor (kg/tahun)
1	2003	2.064.359
2	2004	2.086.706
3	2005	1.974.561
4	2006	2.053.649
5	2007	3.109.372
6	2008	4.076.955
7	2009	2.786.230
8	2010	3.084.470
9	2011	3.362.811
10	2012	3.843.869
11	2013	3.673.250

(Biro Pusat Statistik, 2014)

Tabel 2. Produsen Akrilamida

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Kemira Water Solution	Amerika	41.000
Mitsui	Jepang	10.000
Nalco	Amerika	20.000
Nanjing Lanya Chemical	China	36.000

Dari data kebutuhan Akrilamida dan kapasitas minimum pabrik yang sudah berdiri, maka kapasitas 15.000 ton/tahun telah cukup menguntungkan. Produksi ini terdistribusi sebanyak 35% untuk pemenuhan kebutuhan dalam negeri dan 65% diekspor ke Australia dan New Zealand.

2. METODOLOGI

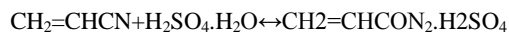
2.1 Macam-Macam Proses

Ada beberapa metode dalam pembuatan akrilamida antara lain :

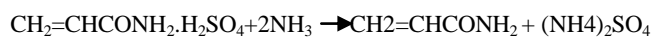
2.1.1 Proses Asam Sulfat

Proses asam sulfat merupakan metode konvensional dengan proses mereaksikan asam sulfat monohidrat ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dengan akriloniril

dilanjutkan dengan pemisahan produk dari garam sulfat menggunakan netralisasi basa. Reaksi yang terjadi yaitu:



Proses ini menghasilkan *yield* monomer yang cukup besar, baik dalam bentuk larutan maupun kristal. Meskipun demikian, proses ini juga menghasilkan produk sulfat yang tidak dikehendaki. Reaksi pada metode asam sulfat biasanya berlangsung pada *glass-line equipment* pada suhu 90 hingga 100°C dengan waktu tinggal 1 jam. Reaksi yang terjadi sangat eksotermis. Semakin lama waktu tinggal dan semakin tinggi suhu yang dapat menaikkan selektivitas dari impuritas, terutama polimer dan asam akrilat. Akrilamida sulfat yang dihasilkan selanjutnya dinetralkan dengan menambahkan ammonia hingga menghasilkan kristal akrilamida dan ammonium sulfat sebagai hasil samping. Reaksi yang terjadi :



Bagian tersulit dan termahal dari proses ini adalah pemisahan akrilamida dengan ammonium sulfat. Pada saat ini proses asam sulfat tidak lagi digunakan untuk memproduksi akrilamida secara komersial.

(Kirk and Othmer, 1991)

2.1.2 Proses Biologi

Proses biologi pertama dikembangkan oleh *Nitto Chemical Industry* pada tahun 1985 menggunakan mikroorganisme guna menghasilkan akrilamida dari akrilonitril melalui proses hidrolisis enzimatis. Katalis yang digunakan pada reaksi ini adalah katalis nitril hidrolase yaitu enzim *nitriase* yang dihasilkan oleh mikroorganisme *Corynebacterium N-774*, *Bacillus*, *Bacteridium*, *Micrococcus*, *Nocardia* dan *Pseudomonas*. Jenis bakteri yang dikembangkan adalah *Rhodococcus rhodochrous*, yang dapat meningkatkan kapasitas dari 6000 ton/tahun menjadi 20.000 ton/tahun. Reaksi ini dijalankan pada suhu 0 hingga 15°C dan pH antara 7-9.

(Kirk Othmer, 1991)

2.1.3 Proses Hidrolisis Katalitik

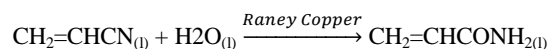
Dalam rangka mengatasi kelemahan pada proses asam sulfat maka dikembangkanlah proses hidrolisis katalitik menggunakan katalis padat, seperti tembaga oksida, mangan dioksida, *ranney copper*, dan tembaga krom oksida. Proses ini menghasilkan selektivitas yang tinggi yaitu hampir mencapai 100% tergantung pada jenis katalis yang digunakan.

(Kirk and Othmer, 1991)

Kisaran komposisi reaktan masuk reaktor agar mendapatkan hasil yang terbaik yaitu sekitar 5 hingga 50% berat akrilonitril terhadap air.

(US Patent No.4.302.597, 1981)

Katalis *ranney copper* terdiri dari 2-45% berat alumunium dengan kisaran diameter 0,0002 - 0,5 inci. Reaksi yang terjadi :



Reaksi pada proses hidrolisis katalitik terjadi pada kisaran suhu 70 hingga 120 °C. Proses ini memiliki beberapa keuntungan dibanding dengan proses asam sulfat yaitu tidak adanya produk samping sehingga pemurnian yang mahal dapat dihindari dan terjadinya peningkatan konversi dari 80% menjadi 97%

(WHO,1985).

Maka proses yang dipilih dalam pembuatan akrilamida yaitu proses hidrolisis katalitik fase cair dengan mempertimbangkan nilai konversi yang tinggi, tidak memerlukan unit pemisahan katalis, dan tidak memerlukan pemurnian yang mahal karena tidak memiliki produk samping.

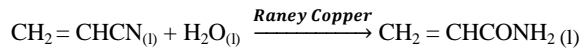
2.2 Kegunaan Produk

Akrilamida merupakan bahan *intermediate* yang sebagian besar digunakan untuk pembuatan *polyacrylamide*. *Poliacrylamide* digunakan dalam *Enhanced Oil Recovery (EOR)* sebagai bahan aditif, sebagai flokulan, pada pengolahan air limbah, dan digunakan sebagai aditif pada industri kertas

(Kirk Othmer, 1991)

2.3 Tinjauan Termodinamika

Reaksi hidrolisis antara akrilonitril dengan air yang menghasilkan akrilamida terjadi pada permukaan katalis. Dengan tinjauan termodinamika, penentuan sifat reaksi, apakah sebuah reaksi tersebut membutuhkan panas (*endotermis*) atau melepas panas (*eksotermis*) dan untuk mengetahui apakah reaksi tersebut berjalan bolak-balik atau searah, maka perlu pembuktian dengan menggunakan panas pembentukan reaksi.



Diketahui data-data pada suhu 25 °C

Tabel 3. Data Panas Pembentukan (ΔH_f°) dan Energi Gibbs (ΔG_f°)

Komponen	ΔH_f° (J/mol)	ΔG_f° (J/mol)
C ₃ H ₃ N	184,930	195,310
C ₃ H ₅ NO	-170,000	-97,900
H ₂ O	-241,800	-228,600

(Yaws, 1991)

$$\begin{aligned} \Delta H_{r298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= (\Delta H_f^\circ \text{Akrilamida}) - (\Delta H_f^\circ \text{Akrilonitril} - \Delta H_f^\circ \text{Air}) \\ &= (-170,000) - (184,930 + (-241,800)) = -113,13 \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Karena ΔH_r° bernilai negatif, dengan demikian reaksi berlangsung secara eksotermis (menghasilkan panas).

2.4. Tahap Proses

Proses pembuatan akrilamida secara umum dibagi menjadi 3 tahapan proses, yaitu :

2.4.1 Tahap Penyiapan Bahan Baku

Akrilonitril dengan kemurnian >99,9 % berat dari tangki penyimpanan bahan baku (F-102) pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C dipompa dengan pompa (L-103) menuju *mixer* (M-100). *Mixer* ini juga menerima arus *recycle* (akrilonitril dan air) dari keluaran atas menara distilasi (D-120). Komposisi umpan masuk reaktor adalah 13% berat

akrilonitril. Dari mixer (M-100) diperoleh campuran akrilonitril dan air yang kemudian dialirkan menuju reaktor (R-110) dengan menggunakan pompa (L-111).

2.4.2 Tahap Reaksi di dalam Reaktor

Reaktor pembentukan akrilamida ini merupakan reaktor fixed bed. Reaktor bekerja secara adiabatik non isothermal dengan suhu reaktor 70°C dan tekanan 1 atm, agar reaksi tetap berjalan pada fase cair. Di dalam reaktor (R-100) terjadi proses hidrolisis akrilonitril menjadi akrilamida dengan adanya katalis *raney copper* dalam bed reaktor. Produk reaktor terdiri atas akrilamida, sisa akrilonitril, air, dan sejumlah kecil impuritas

2.4.3 Tahap Pemurnian Hasil

. Tujuan utama pemurnian hasil adalah mendapatkan produk akrilamida sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan yaitu akrilamida 50%. Produk keluaran reaktor (R-110) di umpankan menuju menara distilasi (D-120) untuk mendapatkan produk akhir akrilamida 50%. Hasil atas menara distilasi (D-120) berupa akrilonitril dan air yang kemudian di *recycle* sebagai umpan masuk ke mixer (M-100). Sedangkan hasil bawah menara distilasi (D-120) dialirkan dan diturunkan suhunya terlebih dahulu menggunakan cooler menuju tangki penyimpanan akrilamida (F-128) sebagai produk utama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 SPESIFIKASI ALAT

3.1.1 Reaktor

Nama Alat	:	<i>Mixer</i>
Kode	:	M-100
Fungsi	:	Untuk mencampurkan akrilonitril (C ₃ H ₃ N) dengan air

		(H ₂ O) hingga homogen
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel 283 grade C</i>
Jumlah	:	1
Kondisi Operasi	:	46,6 °C dan P= 1 atm
Dimensi	:	
Diameter	:	0,991 m
Tinggi Shell	:	0,991 m
Volume <i>shell</i>	:	0,764 m ³
Volume <i>head</i>	:	0,243 m ³
Volume Mixer	:	1,007 m ³
Tinggi Mixer Total	:	1,446 m
Pengaduk	:	
Jumlah pengaduk	:	1 buah
Diameter	:	0,330 m
Kecepatan	:	191,658 rpm
Power	:	1 Hp
Tinggi pengaduk	:	0,066 m

3.1.2 Reaktor

Nama Alat	:	<i>Reactor</i>
Kode	:	R-110
Fungsi	:	Mereaksikan akrilonitril dengan air, katalis <i>raneycopper</i>
Tipe	:	<i>Fixed bed single tube</i>
Bahan Konstruksi	:	<i>Carbon steel 283 grade C</i>
Volume	:	85,7457 m ³
Kondisi	:	P = 1 atm, T = 70°C
Tinggi	:	12,716 m
Bahan Isolasi	:	Asbestos
Tebal Isolasi	:	0,05 m
<i>Rho bulk catalyst</i>	:	1,200 kg/m ³
Jumlah	:	1 buah

3.1.3 Menara Distilasi

Nama Alat	:	Menara Distilasi
Kode	:	D-120
Fungsi	:	Memisahkan produk akrilamida dari impuritasnya sampai kemurnian 50%
Tipe	:	<i>Plate Sieve Tray</i>
Bahan	:	<i>Stainless steel SA-304</i>
Konstruksi		
Kondisi	:	
Umpan	:	$P = 1 \text{ atm}$, $T = 155,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Top	:	$P = 1 \text{ atm}$, $T = 99,69 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Battom	:	$P = 1 \text{ atm}$, $T = 106,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$
D atas	:	0,3851 m
<i>D bawah</i>	:	0,9845 m
Pressure Drop	:	0,0063 atm
Tinggi	:	7,5963 m
Plate minimum	:	9 plate
Plate Aktual	:	46 plate
Plate Teoritis	:	30 plate

3.2 Utilitas

Unit pendukung proses atau utilitas adalah salah satu unit terpenting dalam menunjang berlangsungnya proses produksi suatu pabrik. Unit ini terdiri dari unit pengadaan air (air proses, air pendingin, air umpan *boiler*, dan air domestik) yang di ambil dari waduk Krenceng Cilegon, listrik dari PLN, *steam*, dan pengadaan bahan bakar yang di peroleh dari Pertamina.

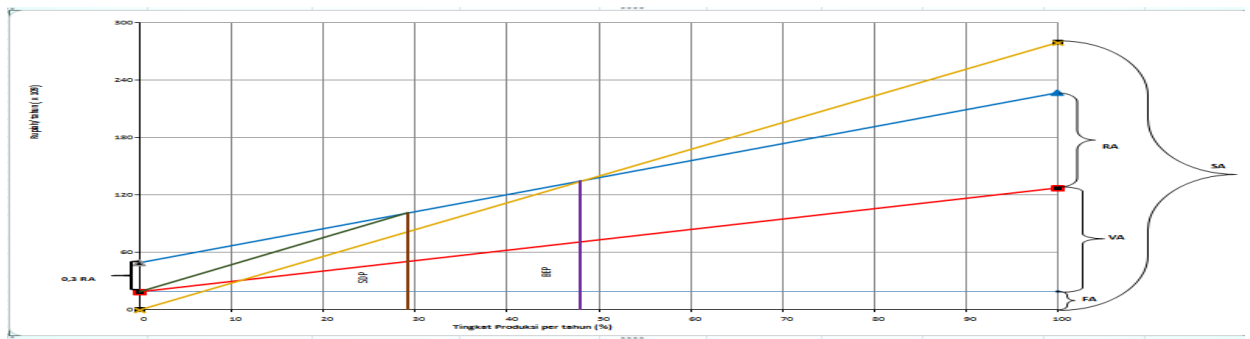
3.3 Manajemen Perusahaan

Bentuk perusahaan Akrilamida yang dibangun di Cilegon, Banten ini adalah perseroan terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan badan persekutuan

```
graph TD;
    DU[Direktur Utama] --> DTP[Direktur Teknik dan Produksi];
    DU --> DKU[Direktur Keuangan & Umum];
    DU --> DL[Direktur Litbang];
    DU --> TA[Tenaga Ahli];
    DTP --> KB[Kabag. Teknik];
    DTP --> KP[Kabag. Produksi];
    KB --> KT[Kasi. Teknik];
    KB --> KU[Kasi. Utulitas];
    KB --> KL[Laboratorium Kasi.];
    KP --> KPro[Kasi. Proses];
    DKU --> KPM[Kabag. Pemasaran];
    DKU --> KLog[Kabag. Logistik];
    DKU --> KPU[Kabag. Pelayanan Umum];
    DKU --> KA[Kabag. Administrasi dan Keuangan];
    DKU --> KHRD[Kabag. HRD];
    KPM --> KPMas[Kasi. Pemasaran];
    KPM --> KPe[Kasi. Pembelian];
    KLog --> KLogis[Kasi. Logistik];
    KPU --> KPUUm[Kasi. Pelayanan Umum];
    KA --> KK[Kasi. Keuangan];
    KA --> KAAdm[Kasi. Administrasi];
    KHRD --> KPer[Kasi. Personalia];
```

3.4 Analisa Ekonomi

10



Gambar 3 Grafik Analisis Ekonomi

4. PENUTUP

Dalam perancangan pabrik akrilamida dari akrilonitril melalui proses hidrolisis dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dapat diambil kesimpulan :

- 4.1 Pendirian pabrik akrilamida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dilatar belakangi oleh pengurangan nilai impor atau ketergantungan akrilamida dari luar negeri dan juga sebagai penyedia bahan baku bagi pabrik-pabrik dalam negri lainnya, sekaligus sebagai wujud pemulihan ekonomi Indonesia dan untuk menghadapi era globalisasi.
- 4.2 Pabrik akrilamida ini berbentuk Perseroan terbatas (PT) didirikan di daerah Cilegon, Banten di atas tanah seluas 18.500 m². dengan jumlah karyawan 101 orang dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
- 4.3 Hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
Keuntungan yang diperoleh :
Keuntungan sebelum pajak, Rp. 50.973.929.576,73 dan
Keuntungan setelah pajak Rp. 35.681.750.703,71
- 4.4. Berdasarkan analisis ekonomi diatas dengan kapasitas 15.000 ton/tahun pabrik akrilamida layak didirikan pada tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2014, *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia*, <http://www.bps.go.id>, diakses Selasa, 17 Juni 2014, pukul 18:13 WIB.
- BASF, 2009, “*Copper Catalyst Product Data Sheet*”, BASF-The Chemical Company.
- Cepci. 2015. http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html. Diakses Rabu, 24 Januari 2016, pukul 12:58.
- Kirk, R.E. and Othmer, D.F., 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd edition, vol. 12, Interscience Publishing Inc., New York.
- Matches. 2014. <http://www.matche.com/EquipCost.html> Diakses Rabu, 6 Januari 2016, pukul 15.38
- Onouha, N. I. and Wainwright, M. S., 1984, “*Kinetics of The Hydrolysis of Acrylonitrile to Acrylamide over Raney Copper*”, Chem. Eng. Commun, 1-12.
- Permenkes, 2010, *Persyaratan Kualitas Air Minum*, Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Powel, S.T., 1954, *Water Containing for Industry*, 1st ed, Mc.Graw Hill Book Company Inc, New York, Toronto, London.
- Said and Ruliasih, 2011, *Pengolahan Air Sungai Skala Rumah Tangga secara Kontinyu*, hal. 284-305.
- Smith, J. M. and Van Ness, H. C., 1987, “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic*”, 3 edition, McGraw-Hill Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Sukandar, D, 2011, Perseroan Terbatas, <http://legalakses.com>. Diakses Selasa, 6 Oktober 2015, pukul 15:24.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*, John Wiley and Sons, inc., New York.
- Yaws, 1979, *Thermodynamic and Physical Properties Data*, Mc Graw Hill Book Co., Singapore.

